©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Anden-Vulkane, tropischer Regenwald und Galápagos-Inseln

Geologische Impressionen von einer Reise des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten nach Ecuador vom 13. bis 30. Juli 2009

Von Friedhelm THIEDIG

Zusammenfassung

Auf einer naturkundlichen Reise nach Ecuador im Juli 2009 konnten neben zoologischen und botanischen Beobachtungen auch zahlreiche geologisch-mineralogische Einzelheiten in Wort und Bild festgehalten werden, über die hier berichtet wird. Besonders eindrucksvoll war der bedeutende Vulkanismus des andinen Hochlandes als Folge plattentektonischer Vorgänge, die in ihren Produkten auf dem Festland (Subduktion) und den Galápagos-Inseln (Heißer Fleck) deutlich unterschieden werden konnten. Im Hochland wurden die Vulkane Quilotoa (Dazit), Cotopaxi und Antisana (Andesite) besucht. Ein mehrtägiger Aufenthalt im tropischen Regenwald (Sacha Lodge im Rio Napo Gebiet) war voller Überraschungen (Erdölförderung) und wunderbarer Erlebnisse durch die Besteigung eines Kapokbaumes und einer Stahl-Konstruktion, die Beobachtungen bisher unerreichbarer Wipfelregionen mit einem „Canopywalk" ermöglichen. Nach Untersuchungen von Whitmore (1993) ändert sich die Vegetation des tropischen Regenwaldes relativ rasch mit klimatischem Wechsel, z. B. bei interglazialen Warmzeiten. Der heutige tropische Regenwald ist kein Relikt aus dem Tertiär. Ganz anders sind die Gesteine der Galápagos-Inseln ausgebildet und zusammengesetzt. Sie kommen aus großer Tiefe des Erdmantels und haben mannigfaltige Förderprodukte, wie quarzarme Basalt-Laven, Tephra, Schweißschlacke, und Blocklaven. Die wenigen weißen Strände enthalten keinen Quarzsand, sondern sind detritäre Kalksande der durch die Brandung aufgeriebenen Schalen von Korallen, Muscheln, Schnecken und Stachelhäutern.

Schlagworte

Ecuador, Rio Napo, Cotopaxi, Antisana, Galápagos, Andesite, Dazite, Basalte

Keywords

Ecuador, Rio Negro, Cotopaxi, Antisana, Galápagos, andesite, dacite, basalt

Abstract

Geological observations have been made during a visit of Ecuador in July 2009 by members of the Natural Science Society of Carinthia. The volcanic products of plate tectonics on the South American mainland (subduction) are quite different to those of the Pacific Galápagos Islands (hot spot) in a distance of 1.000 km. The group visited the volcanoes Quilotoa (dacite), Cotopaxi and Antisana (both andesite) in the Andes mountain ranges. There are lavas of basaltic types mixed with molten material of the silicate rich lower continental crust, whereas the pure basaltic lava of the hot spot area Galápagos has its origin deeper in the upper mantle. The few white beaches do not consist of quartz sand but of detritus of ground corals and shells. In the tropical rain forest in the Rio Napo (one of the headstreams of the Amazonas) area an unexpected rapid change of vegetation due to the change of climate could be observed by Whitmore (1993). The tropical rain forest of today is no longer a relict of ancient Tertiary times.

Einführung

Nach längeren intensiven Vorbereitungen und Änderungen des Programms flogen wir am 13. Juli 2009 von Wien-Schwechat über die Ost- und Westalpen nach Madrid. Nur einmal konnte aus der tief liegenden Wolkendecke ein Massiv erkannt werden: die fossilen Trias-Riffe der Südtiroler Dolomiten mit den schroffen Zinnen aus Kalk und Dolomit.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Bei der Ankunft im riesigen neuen Flughafen von Madrid begeisterten uns versteinerte jurassische oder kretazische Schwammgebilde auf den großen geschliffenen und polierten Fußbodenflächen. Nach einer Übernachtung in Madrid setzten wir am 14. Juli den Flug nach Quito über den Atlantik fort. Beim Überfliegen des Mittelatlantischen Rückens tauchte auf den Bildschirmen an Bord sogar die Mittelozeanische Spreizungsachse mit den senkrecht dazu verlaufenden Transform-Störungen auf. Wir erreichten den bewaldeten südamerikanischen Kontinent an der Küste von Venezuela. In Ecuador angekommen, befanden wir uns in den andinen Bergketten mit der in ca. 2.800 m Höhe gelegenen Hauptstadt Quito. Der Aussichtspunkt vom Denkmal der Heiligen Jungfrau (Panecillo), hier im Gegensatz zu Klagenfurt mit einem an einer Kette liegenden Drachen, erlaubte den Blick nicht nur auf die zu unseren Füßen liegende Altstadt sondern auch auf 13 junge Vulkane in der näheren Umgebung der Hauptstadt.

Der mittlere Bereich zwischen der West-Kordillere und der Ost-Kordillere (Kordillere Real) wird von dem großen etwa Nord-Süd verlaufenden z. T. talförmigen Graben-Einbruch gebildet, in dem sich auch die von mehr als zwei Millionen Menschen besiedelte Metropole Quito befindet. An den Bruchlinien dieses tektonischen Grabens fanden die vulkanischen Produkte ihren Weg bis an die Oberfläche. In der Grabenfüllung sind paläozoische und metamorphe Gesteine erhalten, die am Ende des Paläozoikums geprägt worden sind („variszische“ Subduktionsphase). An der Basis des Antisana-Vulkans sind solche Metamorphite in Form von quarzitischen Schiefern aufgeschlossen. Östlich des andinen Hochlandes sind im östlichen Tiefland „Oriente“ marine jurassische und kretazische, in einem Fall auch paläozoische, Gesteine vorhanden, die nach Osten hin mit einem Steilabfall unter die tertiärzeitliche Füllung des

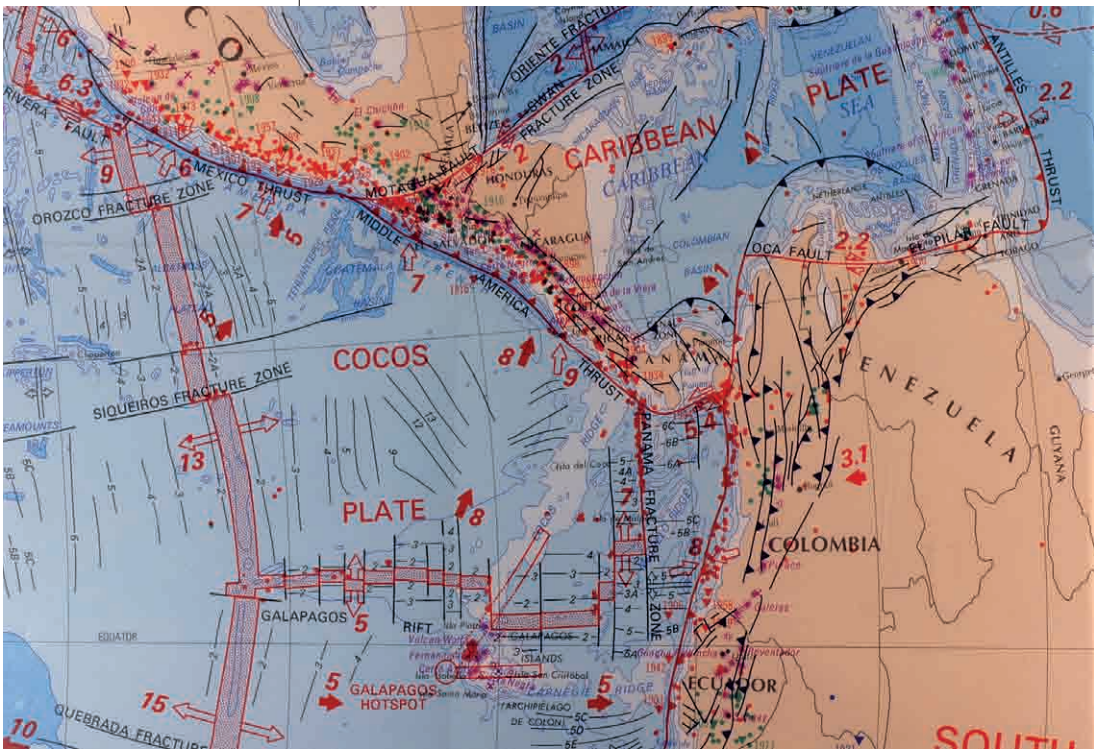

Abb. 1: Platten-Tektonische Karte der Circumpazifischen Region, Ausschnitt vom North East Quadrant Panel (aus Drummond et al. 1982, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA). Breite rot umrahmte und punktierte Streifen: Mittelozeanische Spreizungsachsen mit roten Pfeilen und Ziffern: Richtung und jährliche Geschwindigkeit der Cocos- (oben) und der Nasca-Platten (unten) in Zentimeter pro Jahr. Dreiecke: Vulkane. Rote Punkte: Erdbebenzentren. Schwarze dünne Linien mit Ziffern im Pazifik: nummerierte magnetische Anomalie-Streifen. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Andesit-Säulen im Kreuzgang des ehemaligen Klosters San Agustin in Quito. Andesitlava mit porphyrischem Gefüge und geschichteten Tuffen mit makroskopisch sichtbaren zahlreichen Feldspat-Einsprenglingen (Na-reiche Plagioklase). Foto: F. Thiedig

Amazonas-Beckens (Rio Napo) ca. 2.500 m abtauchen. Im Bereich des weiter südlich gelegenen Rio Pastaza tauchen die Oberkreide-Sedimente mehr als 4.500 m tief unter. In der West-Kordillere und an der östlichen Grabenflanke befinden sich 10 bis 20 km breite und z. T. mehr als 100 km lange häufig geschieferte Granit-, Granodiorit- und Diorit-Schollen, die tektonisch eingeklemmt sind. Die Vulkane, die tektonisch mit dem zentralen Grabeneinbruch verbunden sind, bilden die jüngsten Produkte der Subduktion der pazifischen ozeanischen Nasca-Platte, die unter die kontinentale Platte Südamerikas, als Teil des ehemaligen Gondwana-Kontinentes, abtaucht (Abb. 1). Die bis in Tiefen von hundert Kilometern abgesunkenen basaltischen Teile der ozeanischen Nasca-Krustenplatte erhitzen sich in der Tiefe. Besonders das mit den Gesteinen in die Tiefe transportierte Wasser verdampft und verursacht zusammen mit anderen Gasen (Kohlendioxid und schweflige Gase) den Aufstieg von Magmen, die sich häufig in gasreichen vulkanischen Eruptionen freisetzen. Diese quarzarmen Magmen aus aufgeschmolzenen abgetauchten ozeanischen Platten vermischen sich mit den aufgeschmolzenen quarzreichen Gesteinen an der Unterseite der kontinentalen Kruste und erzeugen basaltähnliche Andesite, die mehr und natriumreichere Plagioklas-Feldspäte führen, aber auch gasreiche saure rhyolithische bis dazitische (veraltet: Quarzporphyre) Vulkanite, darunter auch Bims-Gesteine.

Die erste Bekanntschaft mit den Andesiten machten wir in der Altstadt Quito, wo die Gehwegplatten und alte Straßenpflaster und vor allem die alten Kirchen, Klöster und Profanbauten aus diesem Material bestehen. Besonders deutlich konnten wir an den angewitterten Säulen im Kreuzgang des ehemaligen Klosters San Agustin geschichtete Tuffe und die porphyrisch ausgebildeten Andesite (mit weißen Plagioklas-Kristallen) studieren (Abb. 2).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Am Äquator

Am nördlichen Stadtrand von Quito quert der Äquator namengebend das Land. In seiner unmittelbaren Nähe befinden sich mehrere Denkmäler aus vergangenen Jahrhunderten und neuerdings ein touristischer Park, in dem mit Taschenspielertricks den Zuschauern Beweise seiner Existenz vorgeführt werden. Beiderseits eines durch rote Fliesen markierten Pfades, der den Äquator darstellen soll, wird z. B. im Abstand von zwei Metern in einem tragbaren Handwaschbecken die angeblich hier unterschiedlich wirksame Coriolis-Kraft vorgeführt. Beim Ausfluss des Wassers aus dem Waschbecken soll sich nördlich des Äquators ein Wirbel im Gegensinn des Uhrzeigers bilden, südlich ein solcher im Uhrzeigersinn. Eine von mir selbst mit einem GPS-Gerät vorgenommene Bestimmung ergab eine Lage-Abweichung von ca. 80 m vom Äquator. Selbst wenn die Corioliskraft solche Genauigkeit besitzen sollte, wäre genau an dieser Stelle ein Beweis nicht möglich, weil sich der Äquator hier gar nicht befindet.

Besuche bei den Vulkanen

Am 16. Juli besuchten wir nach einem Aufenthalt auf dem Wochenmarkt in Saquisili den 3.560 m hoch gelegenen Kraterrand des Quilotoa. Bei der Anreise über Pujili und Zumbahua umfuhren und querten wir ein von hellen Bimstuffen gefülltes Tal, in dem sich vermutlich ein Stausee durch von Erdbeben ausgelöste Bergrutsche gebildet hatte. Die Oberfläche dieser Talfüllung war auffallend flach und horizontal, durch rückschreitende Erosion von einem schmalen aber schroffen Talsystem durchschnitten, vereinzelt kleine Inselberge bildend (Abb. 3). Bei der Ortschaft Quilotoa erreichten wir den Kraterrand, der einen Zugang in das Kraterinnere erlaubt (Abb. 4). Auf der Ostseite des Kraterrandes, den

Abb. 3: Helle Dazit-Tephra in einem breiten Talboden auf dem Weg von Latacunga nach Quilotoa mit mehr als 10 m Mächtigkeit, ohne sichtbare Schichtung, vermutlich Füllung einer durch den Vulkanausbruch blockierten Talung mit Stauseebildung. Junge Täler sind tief eingeschnitten. Sogar auf den kleinen inselartig stehen gebliebenen Erosionsresten wurde Getreide angebaut (hellbraune Farben). Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4:
Panorama des Kratersees des Quilotoa in ca. 4.000 m Höhe, Seespiegel bei 3.570 m, Wassertiefe ca. 250 m, Dazit-Tephra, Aschen mit Lapilli und Bomben z. T. Bims, Blick nach Osten.
Foto: F. Thiedig

wir ein Stück begangen haben, sind schräg mit dem Hang einfallende weiße Bims-Schichten zu sehen (Abb. 5), die vereinzelt massive Bomben enthalten. Einige herumliegende Stücke zeigten reichlich Quarze und Feldspäte, mit Biotit- und Hornblende-Kristallen, die dem Hauptgestein den Namen Biotit-Amphibol-Dazit geben. Rhyolithe und Dazite sind Vulkanit-Gesteine, die in ihrer chemischen Zusammensetzung den Plutoniten Granit, Granodiorit und Tonalit entsprechen. Sie kommen in den Anden nicht so häufig vor wie Andesite. Wir übernachteten in einer der ältesten Herbergen, der vornehmen Hacienda La Ciénega, in der auch Alexander von Humboldt 1802 eine Zeit lang Quartier genommen hatte. Eine Suite mit einer A. v. Humboldt-Büste und Mobilar aus dieser Zeit erinnern an seinen Aufenthalt. Ein weiteres Vorkommen heller Bims-Gesteine fanden wir am nächsten Tag (17. Juli) im Cotopaxi Nationalpark zu Beginn der Auffahrt zum Cotopaxi (5.897 m) in einer kleinen Schlucht mit vertikalen Wänden, die großflächig mit Lebermoosen bewach-

Abb. 5:
Kraterrand des Quilotoa in ca. 4.000 m Höhe, schräg geschichtete helle dazitische Tephra, Einfallen der Schichtung gegen Osten.
Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 6:
Dazitische Tephra (Bimslapilli) in einer kleinen erodierten grabenartigen Schlucht (nur eine kurze Strecke vom Südeingang des Nationalparks Cotopaxi entfernt). Die nahezu senkrechten Wände sind großflächig mit Lebermoos überwachsen. Die kleinen eckigen 5–10 mm großen Bimsstückchen sind auffallend gut sortiert, dicht gepackt und vermutlich fluviatil umgelagert; Bildbreite: ca. 0,5 m. Foto: F. Thiedig

sen waren (Abb. 6). Es handelte sich um Tephra (lockeres, unverfestigtes vulkanisches Bims-Material) von rhyolithisch-dazitischen Eruptionen. Bims ist durch Gase schaumartig gebildetes Gesteinsglas, das durch die Entmischung der Gase in der Schmelze unmittelbar vor deren Erstarrung entsteht. Der Aufschluss in der kleinen Schlucht zeigte sehr gut sortiertes (Komponenten ähnlicher Größe) aber nicht gerundetes klastisches Material. Solch eine gute Sortierung erfolgt bei längeren Transportwegen in der Luft oder auch Sortierung durch fließendes Wasser an den Hängen des Vulkans (Vinx 2008).

Bei der Weiterfahrt zum Parkplatz in über 4.500 m Höhe sahen wir auf den Hängen zahlreiche, längst erkaltete Lavaströme und viele große eckige Andesit-Gesteinsblöcke, die von Bergstürzen herrührten. Die letzte kurvenreiche steile Strecke zum Parkplatz war in fein- bis grobkörnigen Lapilli-Lagen angelegt. Vereinzelt konnte man bei Straßenanschnitten eine Schichtung der Aschen- und Lapilli-Lagen mit Pyroxen-

Abb. 7:
Rote poröse Andesit-Tuffe unterhalb der Schnee/Eisgrenze mit Refugio José Ribas Schutzhütte (kleines helles Rechteck, ca. 4.800 m Seehöhe). Standort: Nordseite des Cotopaxi, unterhalb des Parkplatzes in ca. 4.500 m. Schnee und Eis bedeckter Gipfel des Cotopaxi (5.897 m) in den Wolken. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

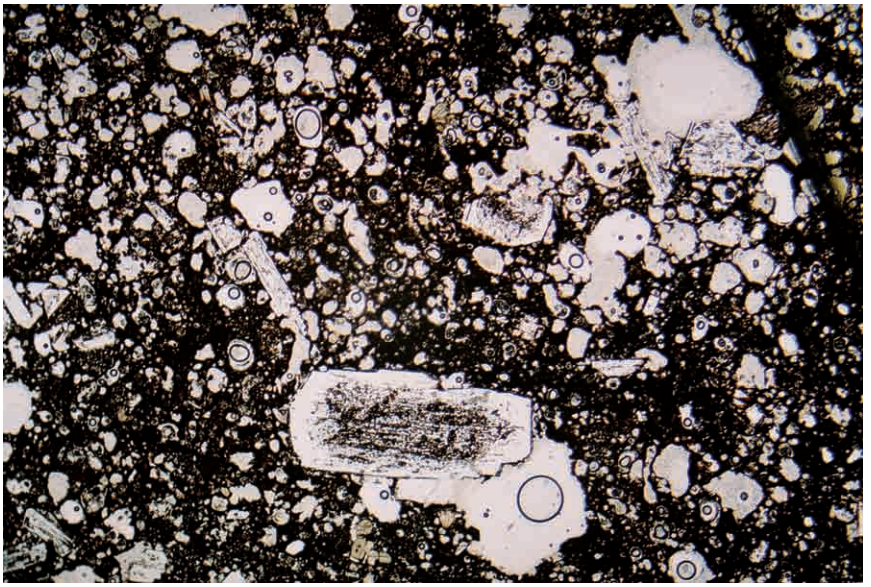

Abb. 8: Dünnschliffbild des roten Andesit-Tuffes vom Cotopaxi (Lesestein aus ca. 4.500 m, oberhalb des Parkplatzes, vgl. Abb. 6) mit zahlreichen Gasblasen (helle Bereiche im Dünnschliff) und einzelnen ca. 2 mm-großen zonargebauten Plagioklasen und Pyroxenen. Dunkle, rötliche dichte glasige Grundmasse mit winzigen leistenförmigen Feldpäten erscheint hier im Dünnschliff schwarz; Bildbreite ca. 7 mm. Foto: F. Thiedig

führenden Andesiten erkennen, die den Strato-Vulkan (Schichtvulkan) aufbauen. Oberhalb des Parkplatzes in 4.500 m Höhe konnte man in ca. 4.800 m Höhe die Schutzhütte Refugio José Ribas erkennen, in deren Nähe die Gesteine intensiv rot gefärbt sind. Die intensive Rotfärbung wird durch sehr geringe Eisengehalte (Hämatit, Fe_2O_3) in der Lava hervorgerufen. Kleine rote Gerölle auf dem Hang erwiesen sich unter dem Mikroskop als sehr poröse rötlich gefärbte Bimsstücke (Abb. 7 bis 9). Auf der Fahrt zur Hacienda El Porvenir, unserem Übernachtungsquartier, konnten wir den Cotopaxi wolkenfrei im Licht der Abendsonne von der Terrasse der Hosteria Tambopaxi aus ca. 3.750 m Höhe bewundern (Abb. 10). Wenig unterhalb durchfuhren wir ein Moränengebiet. Die ehemaligen viel größeren Gletscher des Cotopaxi haben große Gesteinsblöcke bis in diese Gegend transportiert.

Die Fahrt am 18. Juli führte uns von der Hacienda El Porvenir zum Vulkan Antisana (5.758 m). Gleich bei der Ortschaft Pintac im unteren

Abb. 9: Dünnschliffbild einer Andesit-Lava vom Vulkan Cotopaxi (Lesestein von der Nordseite aus ca. 4.500 m Höhe). Einzelne 2–8 mm große Einsprenglinge von Na-reichen Plagioklasen (hell, mit streifenförmigen Verzwilligungen) und in diesem Bild gelb erscheinenden Pyroxenen. Polarisiertes Licht, gekreuzte Nicols. In der glasigen Grundmasse ungeregelte wirr verteilte schmale Plagioklasleisten und kleine bunte Pyroxene. Gekreuzte Nicols, Bildbreite 7 mm. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 10:
Vulkan Cotopaxi (5.897 m) mit Eiskappe von der Hosteria Tambopaxi, Blick von Norden. Lage der José Ribas Schutzhütte in der Mitte des unteren Randes der dreieckigen roten Tuffläche.
Foto: F. Thiedig

Bereich der Straße, die bis auf ca. 4.000 m hinauf führt, bedeckt auf der Ostseite des Antisana ein großer junger Blocklavastrom aus Pyroxen-Andesiten riesige Flächen (Abb. 11). In einem engen Talbereich hat der junge Blockstrom ein Tal blockiert und dadurch einen kleinen See aufgestaut. Der Lavablockstrom ist in einem großen Steinbruchgelände dicht an der Straße sehr gut aufgeschlossen (Abb. 12). Ebenfalls in der Nähe der Hacienda Antisana in ca. 4.000 m Höhe sind Andesite des Antisana-Vulkans an der Straße zu besichtigen. In einem alten, noch gut erhaltenen Nebengebäude hat Alexander v. Humboldt 1802 bei der Besteigung des Antisana-Vulkans übernachtet (Abb. 13). Bei diesen Vulkan-Besuchen hat v. Humboldt entscheidende Beobachtungen gemacht, die ihn von einem Werner'schen Neptunisten zu einem Plutonisten verwandelten.

Abb. 11:
Riesiger Blocklavastrom eines Pyroxen führenden Andesites an der Nordostseite des Antisana (5.758 m) im Quijostal, südlich der Ortschaft Pintac (Auffahrt zum Antisana). Austritt des Lavastromes oberhalb des hier sichtbaren Horizontes. Ganz links Abbau des Andesits in Steinbrüchen.
Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 12: Steinbruch im Andesit des großen Blocklavastromes an der Nordostseite des Antisana-Vulkans (vergl. Abb. 9). Foto: F. Thiedig

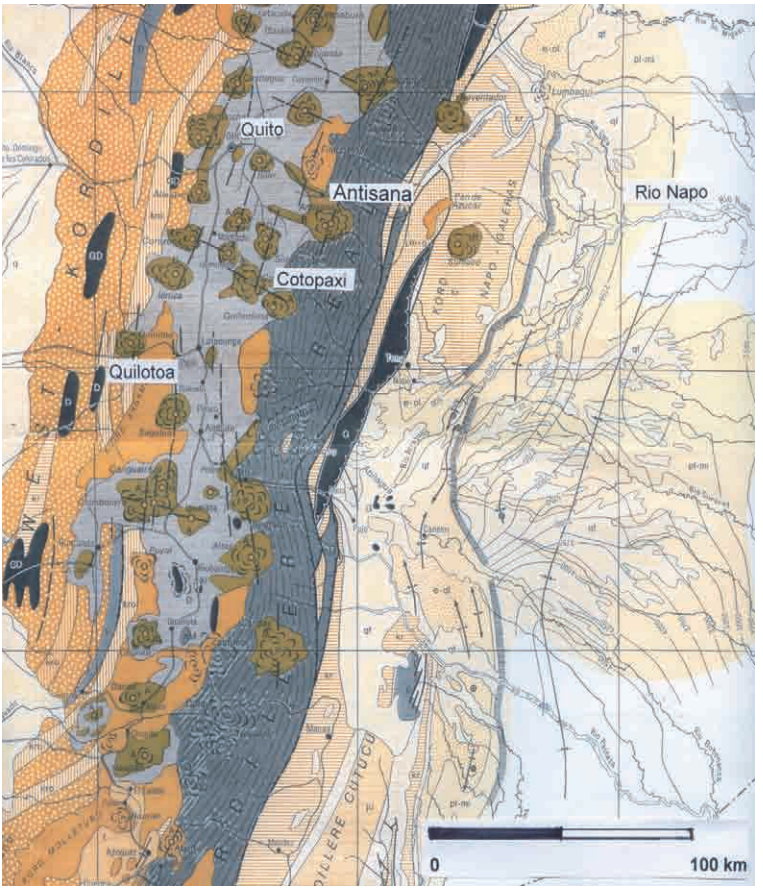

Abb. 13: Geologische Karte von Ecuador (Ausschnitt aus Sauer, W. (1971): Geologie von Ecuador). West-Kordillere ockerfarbig mit weißen Punkten: kretazische Vulkanite (Diabas-Porphyrit-Formation) mit schwarzen linsigen Vorkommen von geschieferten Dioriten, Granodioriten und Metabasalten. Ost-Kordillere dunkelgrau, gefaltet: Kristalline Schiefer (Metamorphite). Volle Ockerfarbe: Vulkanite Pliozän und älter. Braune gerundete und dicht mit halbkreisförmiger Signatur besetzt: Junge Vulkanite: A Andesit, D Dazit, B Basalt. Hellgraue Farbe: quartäre Grabenfüllung zwischen den beiden Kordilleren. Helle gelbliche Farben: Neogene Beckensedimente. Abdruck mit freundlicher Genehmigung der Schweizerbart'schen Verlagsbuchhandlung (A. Nägele), Stuttgart.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Regenwald – Amazonien

Ecuador befindet sich am äußersten Nordwest-Rand von Südamerika und damit auch am Rand des alten Gondwana-Kontinentes. Der metamorphe präkambrische Teil des nördlichen südamerikanischen Kontinents wird durch das eingesunkene Amazonas-Becken (die sogenannte Saumsenke) in den Zentral-brasilianischen und den Guayana-Schild geteilt. Dieses auch „Oriente" genannte Areal zwischen den Anden-Ketten und dem Guayana-Schild, hat sich stark eingetieft und bildet ein mächtiges andines Molassebecken, wie wir dies ähnlich auch aus dem Alpen-Vorland kennen. Über den Sedimenten der Oberkreide liegen 4.500 m bis über 6.000 m mächtige Tertiär-zeitliche Paläogen- und Neogen-Schichten, die Erdöl führen. Entlang der Straße von Lago Agrio zur Anlegestelle auf dem Rio Napo waren zahlreiche Erdölleitungen und vereinzelte Raffinerien zu erkennen. Die seit 1965 entdeckten wirtschaftlich nutzbaren Lagerstätten wurden zuerst im Lande verbraucht, inzwischen werden auch beachtliche Mengen exportiert. Das Erdöl, das aus mehr als 3.000 m Tiefe gefördert wird, stammt aus kreidezeitlichen Muttergesteinen (Zeil 1986).

Wir erreichten unser Ziel, die private Sacha Lodge auf einem kurzen Flug nach Lago Agrio, von dort mit einem Bus durch den hier stark gelichteten Regenwald zum Rio Napo, einem der vielen großen Quellflüsse des Amazonas. Eine etwa einstündige Bootsfahrt auf dem Rio Napo brachte uns zur Anlegestelle der Sacha Lodge, die wir schließlich nach längeren Fußmärschen meist auf hölzernen Stegen durch den Regenwald mit mehreren Einlagen kurzer Bootsfahrten bei Einbruch der Dunkelheit erreichten. Große Erlebnisse sind die stundenlangen Bootsfahrten im Kanu und Wanderungen in dem weitläufigen Gelände der Sacha Lodge mit orts- und naturkundigen Führern. Echte Höhepunkte waren die Besteigungen eines 43 m hohen Kapokbaumes und des Canopy-Walk, einer hohen Stahl-Konstruktion in Form einer Hängebrücke, von der man in der Höhe der Baumwipfel (über 30 Meter) wunderbare Naturbeobachtungen auf einer Länge von ca. 300 m machen kann.

Zur Altersfrage des Regenwaldes gibt es interessante Beobachtungen: „Die Pollenanalyse hat direkte Hinweise auf Fluktuationen der Vegetationszusammensetzung als Folge von Klimaschwankungen geliefert ... Wie man herausgefunden hat, sind die Regenwälder im Quartär und auch im Tertiär immer wieder in ihren Flächenausdehnungen gewachsen und geschrumpft. Uralte und unwandelbare Bastionen, in denen das Leben entstand, waren sie nie, obwohl dies die populäre Literatur immer noch gerne behauptet. Im gegenwärtigen Interglazial haben sie die größte oder doch beinahe größte Ausdehnung aller Zeiten erreicht.

Während der Eiszeiten dürfte die Fläche der Tiefland-Regenwälder stark abgenommen haben. Nur auf besonders günstigen Standorten blieben Regenwaldreste (mit immer währendem Regen) erhalten, inselartig umgeben von einem Meer aus tropischem Jahresregenwald. In den darauffolgenden interglazialen Warmzeiten, als die perhumiden Bedingungen wiederkehrten, dehnten sich die Regenwälder, ausgehend von Reliktstandorten, erneut aus. Man bezeichnet solche Standorte als

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

pleistozäne Refugien" (WHITMORE 1993: 120). Wenn sich der tropische Regenwald so relativ schnell an Klimawechsel anpasst, ist der Gebrauch der Bezeichnung „Urwald" im Sinne eines fossilen, reliktischen Primärwaldes für weite Gebiete dieses Regenwaldes zu überdenken (HOPPE 1990). Die im Osten Ecuadors von uns angetroffenen Wälder sind bestenfalls Sekundärwälder.

Galápagos-Inseln

Die Galápagos-Inseln befinden sich ca. 1.000 km vom amerikanischen Festland entfernt nahe einer West-Ost verlaufenden Meeresboden-Spreizungszone (seaflor spreading im Mittelozeanischen Rücken) zwischen der ozeanischen Cocos- und der Nasca-Platte. Die Cocos-Platte bewegt sich in nordöstlicher Richtung auf Mittelamerika zu mit ca. 8 cm/Jahr, während die südlich gelegene Nasca-Platte mit etwa 5 cm/Jahr nach Osten zum südamerikanischen Festland verschoben wird (Abb. 1). Alle Inseln des Galápagos-Archipels bestehen aus den Produkten eines basaltischen Magmatismus, der direkt dem Oberen Erdmantel entstammt (aus einer Tiefe von etwa 70 km). Da die östlichen Inseln ältere Entstehungsalter (ca. vier Millionen Jahre) als die westlichen (rezent entstehenden) Inseln aufweisen, schließt man auf einen sogenannten Heißen Fleck (hot spot), über den die ozeanische Nasca-Platte im jährlichen 5 cm-Tempo gleitet. Dabei brennen sich die Vulkane jeweils durch die relativ dünne, nur wenige Kilometer dicke ozeanische Krustenplatte. So entsteht eine von Osten nach Westen verlaufende Vulkankette, die ihre heutige Tätigkeit in die beiden westlichsten Inseln Isabela und Fernandina verlegt hat. Bei einer Bewegung von 5 cm/Jahr macht das in vier Millionen Jahren ca. 200 km aus, was der Entfernung von der östlichsten zur westlichsten Insel entspricht.

Ganz im Gegensatz zu den Vulkanen der Anden-Ketten werden hier anders als auf dem südamerikanischen Festland nur basaltische Lavaprodukte aus großer Tiefe gefördert (ganz ähnlich wie am Beispiel der

Abb. 14: Massiger, ca. 20 m mächtiger Basaltlavastrom auf den Galápagos-Inseln, an der Punta Carrión der Isla Santa Cruz (Nordost-Seite am Canal Itabaca) mit säuliger Absonderung (senkrecht zur horizontalen Abkühlungsfläche). Weiße Flecken an den Felsen stammen vom Kot an Vogelnistplätzen). Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 15: Metergroße gerundete Riffkalkblöcke, die tektonisch gehoben wurden und bei starker Brandung auf die Insel geschleudert wurden. Die Oberfläche der Riffkalke weist zahlreiche Löcher auf, die von Bohrmuscheln im Meer gebohrt wurden. Galápagos-Insel Isla Plaza Sur (östlich der Isla Santa Cruz). Foto: F. Thiedig

Hawaii-Inseln sichtbar), die sich durch geringe Viskosität, also leichte flüssige Beweglichkeit auszeichnen und dabei riesige Schildvulkane bilden mit relativ flachen Hangneigungen. Im Gegensatz zum Festland gibt es hier keine quarzreichen kontinentalen Gesteine, die von einer abtauchenden Ozeankruste aufgeschmolzen werden könnten. Schon bei der Ankunft auf dem Flughafen auf der Isla Baltra konnten wir stark verwitterte braune Basaltbrocken auf der Landoberfläche und von der Fähre aus flach liegende Basaltdecken erkennen. Vor dem Erreichen unseres Hotels hatten wir den ersten Kontakt mit den Basalten, als wir in einen 1 km langen, bis 8 m hohen und 6–8 m breiten Lavatunnel nahe der privaten Primicias Finca gestiegen sind. Die Lavatunnel entstehen durch die gering viskose Lava, die kilometerweit fließen kann. Sie bildet an der Oberfläche eine Kruste, die die Lava vor dem schnellen Erkalten und Erstarren schützt. Wenn keine Lava mehr gefördert wird, fließt die Lava aus und hinterlässt einen Tunnel, der bei einem erneuten Ausbruch wieder benutzt werden kann.

Bei der ersten Bootsfahrt nach Isla Plaza Sur konnte man an den steilen Küstenaufschlüssen mehrere übereinander liegende Basaltdecken erkennen (Abb. 14). Auf der sehr urwüchsig wirkenden Insel Isla Plaza

Abb. 16: Basaltischer Tuffkegel der Isla Daphne Major zwischen den Galápagos-Inseln Isla Santa Cruz und Isla San Salvator. Der aus Aschen, Lapilli und vulkanischen Bomben aufgebaute unbewohnte Vulkan-Kegel besitzt ein steiles Ufer, das durch die Erosion des Wellenschlags als Kliff ausgebildet ist. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 17: Parasitäre Schweißschlacken-Kegel (spatter cones) auf dem Hauptkrater der Isla Bartolomé (Galápagos-Insel, östlich der Isla San Salvador). Blick vom Gipfel (ca. 114 m). Hölzerne Treppe als touristischer Zwangsweg zum Gipfel. Foto: F. Thiedig

Sur mit den zahleichen fossil wirkenden lebendigen Land- und Meerechsen (Leguane) fielen uns durch tektonische Hebung und von der Brandung aufgeworfene runde Kalkriffgesteine auf, die mit zahlreichen mehrere cm großen Löchern durchzogen sind, die von bohrenden Organismen, z. B. Bohrmuscheln erzeugt wurden (Abb. 15). Auf der Fahrt nach der Isla Bartolomé passierten wir die Kraterinsel Isla Daphne Major (basaltischer Tuffkegel (Abb. 16), auf der zur Zeit zwei Wissenschaftler das Verhalten von nistenden Blaufußtölpeln beobachten.

Am schönsten waren die geologischen Aufschlüsse auf der Isla Bartolomé an der Ostküste der größeren Insel Santiago (Abb. 17 bis 22). Die sogenannte Felsnadel (Pinnacle Rock) ist ein stark erodierter Rest eines Tuffkegels, keine Basalt-Schlotfüllung (Abb. 21). Die Anlandung

Abb. 18: Kleiner basaltischer Lavatunnel mit Stricklavadecke. Galápagos-Insel Isla Bartolomé (östlich der Isla San Salvador). Nahe der Treppe zum Gipfel. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 19: Feingeschichtete basaltische Tuffe am ehemaligen Kraterrand werden von groben Schweißschlacken und basaltischer Blocklava eines jüngeren Lavaausbruches im Gipfelbereich der Isla Bartolomé überlagert (östlich der Galápagos-Insel San Salvador). Foto: F. Thiedig

erfolgte an einer Stelle, wo massige Basalte dem Wellengang des Meeres trotzen.

Der Aufstieg auf den kleinen Gipfel führte durch basaltische Tuffablagerungen (Tephra, mit verschiedenen Korngrößen, die von einer Asche und Lapilli bis zu kopfgroßen Bomben reichen). Unter „Asche" verstehen wir nur die Teilchengröße der ausgeworfenen Komponenten, es findet keinerlei Verbrennung statt, die Aschenreste erzeugen könnte. Im steilen Bereich befinden sich Schweißschlackenfelder, die durch heiße und weiche Lavafetzen entstanden sind, die nur wenige Meter in die Höhe fliegen und beim Aufschlag deformiert und beim Erkalten zusammen geschweißt werden (Bardintzeff 1999).

Dabei entstehen sogenannte Hornitos oder spatter cones (spatter engl. „Spritzen"), das sind kleine Kegel mit einem Krater, aus dem die z. T. rötlichen noch zähflüssigen Lavaflatschen wenige Meter hoch geschleudert werden und dann beim Aufklatschen einen kleinen Kraterrand bilden (Abb. 17 und 20). Im Gipfelbereich sind geschichtete feine Tuffe zu sehen, die von groben Schweißschlacken überlagert werden (Abb. 19). Einige randliche Lavaaustritte zeigen sogenannte „Stricklava", die entsteht, wenn noch nicht ganz abgekühlte und gering verfestigte Lava an einer schrägen Oberfläche eine weiche Kruste bildet und langsam zusammengeschoben wird (Abb. 18). Vom Gipfel hatten wir besonders nach Westen eine schöne Aussicht auf riesige schwarze Basaltfelder, die vom Cerro Cowan (920 m über dem Meer) und Cerro Inn ins Meer ausgeflossen sind.

Die schönen weißen Strände auf dieser und allen anderen Galàpagos-Inseln sind Detritus-Sande, es handelt sich um durch die Brandung auf-

Abb. 20: Rötlich gefärbte Lavafetzen einer basaltischen Schweißschlacke an der Oberfläche eines "spatter cones" (Schlacken-„Spritz"kegel). Die relativ frische Lava ist außen glatt (glasig erstarrt), im Innern aber schwarz und sehr porös durch einen hohen Gasgehalt der Lava. Lokalität: Gipfelweg auf der Galápagos-Isla Bartolomé. Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 21:
Pinnacle Fels (Felsnadel), ein basaltischer Tuffkegel (Erosionsrest) mit zahlreichen Hohlformen, sogenannte Tafoni, die durch die Erosion des Windes und Sandes entstanden sind. Isla Bartolomé, Galápagos-Inseln.
Foto: F. Thiedig

geriebene Korallenteile und Kalkschalen von Muscheln und Schnecken. Es gibt keine Quarzsande. Auf der Fahrt zur Isla Isabela fuhren wir dicht an dem ganz einsam aus dem Meer ca. 20 m herausragenden mit hellem Guano bekleckerten Felsen Roca Bura vorbei, der aus massigem Basalt besteht, der den Rest einer Lavadecke oder einer Schlotfüllung darstellt. Die berüchtigte von Strafgefangenen errichtete Mauer von Isabela besteht aus Brocken ehemals gasreicher basaltischer Blocklava, ähnlich wie wir sie bei Sonnenuntergang auf dem Sendero Las Tintoreras im Hafen von

Abb. 22:
Schräg geschichtete Basalttuffe am ehemaligen äußeren Kraterrand, von dunklen und rötlichen Basalt-Schlacken und Tuffen überlagert. Südwestlich vom Pinnacle auf Isla Bartolomé (Galápagos-Inseln).
Foto: F. Thiedig

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 23: Verschweißte basaltische Blocklava eines großen Lavastromes südlich des Hafens Puerto Villamil auf der Galápagos-Insel Isla Isabela. Bereich des Sendero Las Tintoreras (Wanderpfad auf den Basaltinseln südlich des Hafens) mit sich in der Abendsonne wärmenden Meerechsen (Leguane). Foto: F. Thiedig

Puerto Villamil erwandert haben (Abb. 23). Der letzte schon in den Nebelwolken liegende Aufschluss auf dem Kamm der Isla Santa Cruz führte zu einem der beiden großen Erdfälle Los Gemelos (die „Zwillinge"), die durch den Einbruch von älteren tiefer liegenden Lavatunneln entstanden sind.

Auf dem Rückflug von Madrid nach Wien konnten wir durch eine Wolkenlücke einen größeren Gletscher des Berner Oberlandes erkennen.

LITERATUR

BARDINTZEFF, J.-M. (1999): Vulkanologie. – Enke-Verlag, 280 S., Stuttgart.

DRUMMOND, K. J., C. NISHIWAKI, J. CORVALAN, H. F. DOUTCH & C. CRADDOCK (1984): Plate-tectonic map of the Circum-Pacific-Region, Pacific Basin Sheet. American. – Ass. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

HOPPE, A. (Hrsg.), (1990): Amazonien: Versuch einer disziplinären Annäherung. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 80: 1–264, Freiburg.

SAUER, W. (1971): Geologie von Ecuador. – Gebrüder Bornträger, 316 S., Berlin, Stuttgart.

VINX, R. (2008): Gesteinsbestimmung im Gelände. – 2. Aufl., Spektrum – Akademischer Verlag, Springer Verlag, 469 S., Berlin, Heidelberg.

WHITMORE, T. C. (1993): Tropische Regenwälder. – Spektrum – Akademischer Verlag, 275 S., Heidelberg, Berlin, New York.

ZEIL, W. (1986): Geologie der Erde, Band 1 – Südamerika. –Enke-Verlag (Taschenbuch), 160 S., Stuttgart.

Anschrift des Autors

Univ.-Prof. Dr. Friedhelm Thiedig, Steinkamp 5, D-22844 Norderstedt
E-Mail. friedhelm.thiedig@wtnet.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: 201_121

Autor(en)/Author(s): Thiedig Friedhelm

Artikel/Article: Anden-Vulkane, tropischer Regenwald und Galápagos-Inseln. Geologische Impressionen von einer Reise des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten nach Ecuador vom 13. bis 30. Juli 2009. 9-24